

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : - - 2003-068468

(43)Date of publication of application : 07.03.2003

(51)Int.Cl.

H05B 33/22

H05B 33/04

H05B 33/14

(21)Application number : 2001-258735

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS  
LTD

KIDO JUNJI

(22)Date of filing : 28.08.2001

(72)Inventor : TSUBAKI KENJI

KIDO JUNJI

KONDO YUKIHIRO

KISHIGAMI YASUHIRO

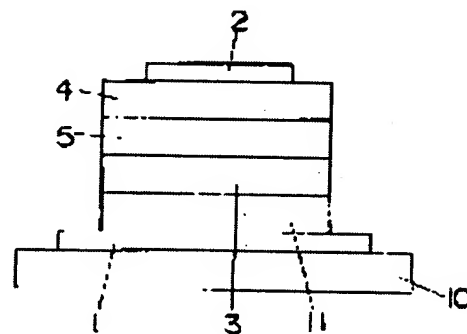
## (54) ORGANIC ELECTRIC FIELD LIGHT-EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an organic electric field light-emitting element superior in both life property and initial property.

SOLUTION: This is related to the organic electric field light-emitting element formed by installing an organic light-emitting layer 3 between a positive electrode 1 and a negative electrode 2. A layer 5 in which an electron-donating metal is doped on an organic compound having an electron mobility of  $10^{-5}$  cm<sup>2</sup>/Vs or more and a layer 4 in which the electron-donating metal is doped on an organic compound having a glass transition temperature of 80° C or more are installed in this order from a side near the organic light-emitting layer 3 between the positive electrode 1 and the organic light-emitting layer 3. The layer 4 composed of the organic compound having the glass transition temperature of 80° C or more is high in heat resistance, and an influence of heat damage can be reduced in forming the negative electrode 1.

Further, the layer 5 composed of the organic compound having the electron mobility of  $10^{-5}$  cm<sup>2</sup>/Vs or more has high electron injection efficiency.



- 1 陽極
- 2 陰極
- 3 有機発光層
- 4 電子注入層
- 5 電子注入層

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-68468

(P2003-68468A)

(43) 公開日 平成15年3月7日(2003.3.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 5 B 33/22

識別記号

F I

H 0 5 B 33/22

テームト\* (参考)

B 3 K 0 0 7

D

33/04

33/04

33/14

33/14

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願2001-258735(P2001-258735)

(22) 出願日

平成13年8月28日(2001.8.28)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(71) 出願人 501231510

城戸 淳二

山形県米沢市林泉寺3-12-16

(72) 発明者 椿 健治

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(74) 代理人 100087767

弁理士 西川 恵清 (外1名)

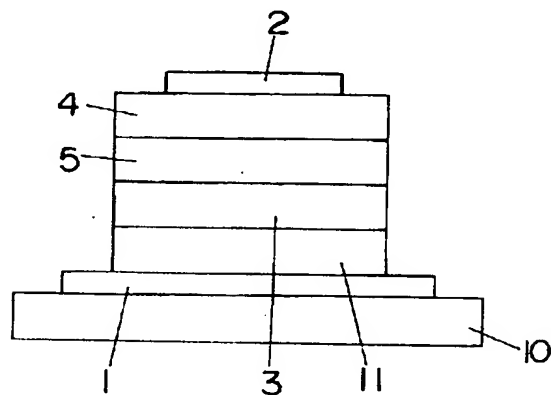
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機電界発光素子

(57) 【要約】

【課題】 寿命特性と初期特性のいずれにも優れた有機電界発光素子を提供する。

【解決手段】 陽極1と陰極2の間に有機発光層3を設けて形成される有機電界発光素子に関する。陰極1と有機発光層3の間に、有機発光層3に近い側から、電子移動度が $10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層5と、ガラス転移温度が $80^\circ\text{C}$ 以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層4を設ける。ガラス転移温度が $80^\circ\text{C}$ 以上である有機化合物からなる層4は耐熱性が高く、陰極1を形成する際の熱ダメージの影響を小さくすることができる。また電子移動度が $10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物からなる層5は電子注入効率が低い。



1 陽極

2 陰極

3 有機発光層

4 電子注入層

5 電子注入層

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 陽極と陰極の間に有機発光層を設けて形成される有機電界発光素子において、陰極と有機発光層の間に、有機発光層に近い側から、電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層、ガラス転移温度が $80^\circ\text{C}$ 以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層、の順に積層して設けて成ることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項2】 電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物の電子親和力が、ガラス転移温度が $80^\circ\text{C}$ 以上である有機化合物の電子親和力よりも小さいことを特徴とする請求項1に記載の有機電界発光素子。

【請求項3】 ガラス転移温度が $80^\circ\text{C}$ 以上である有機化合物が、トリス（8-ヒドロキシキノリナート）アルミニウム錯体、ビス（4-メチル-8-キノリナート）アルミニウム錯体、オキサジアゾール化合物、シロール化合物から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする請求項1又は2に記載の有機電界発光素子。

【請求項4】 電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物が、バソフェナントロリン、バソクプロイン、シロール化合物から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の有機電界発光素子。

【請求項5】 電子供与性の金属が、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類を含む遷移金属から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の有機電界発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、各種ディスプレイ、表示装置、液晶用バックライト等に用いられる有機電界発光素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】有機材料を発光体として用いた有機電界発光素子、すなわち有機エレクトロルミネッセンス素子は古くから注目され、様々な検討が行われてきたが、発光効率が非常に悪いことから本格的な実用化研究には至らなかった。しかし、1987年にコダック社のC. W. Tangらにより、有機材料をホール輸送層と発光層の2層に分けた機能分離型の積層構造を有する有機エレクトロルミネッセンスが提案され、このものでは10V以下の低電圧にも関わらず、 $1000 \text{ cd/m}^2$ 以上の高い発光輝度が得られることが明らかになった。そしてこれ以降、有機エレクトロルミネッセンス素子が注目されはじめ、活発な研究が行われるようになった。

【0003】このような研究開発がなされた結果、現在では有機エレクトロルミネッセンス素子は、10V程度の低電圧で $100 \sim 100000 \text{ cd/m}^2$ 程度の高輝度の面発光が可能となり、また蛍光物質の種類を選択す

ることにより青色から赤色までの発光が可能となっている。

【0004】ここで、有機エレクトロルミネッセンス素子においては、有機発光層に注入されたホールと電子が結合して発光が起こるものであり、有機エレクトロルミネッセンス素子の発光効率を向上させるためには、キャリア注入効率を向上させることが必要である。すなわち、陽極からホールを効率良く有機発光層に注入すると共に、陰極から電子を効率良く有機発光層に注入する必要がある。

【0005】そして陰極からの電子の注入に関しては、陰極を構成する金属電極から電子を注入する際に問題となるエネルギー障壁を低下させるために、仕事関数の小さいMgとAgを共蒸着した電極で陰極を形成する方法や、有機発光層と陰極の間にLiFを数Å程度に極めて薄く蒸着する方法などが提案されているが、さらに特開平10-270171号公報では、陰極に接して設けられる有機化合物層を電子供与ドーパントとして機能する低仕事関数の金属でドーピングして、還元された状態すなわち電子が注入された状態の分子を存在させ、陰極から有機化合物層への電子注入障壁を小さくして、駆動電圧を低下させて発光効率を高める方法が開示されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】この特開平10-270171号公報において、電子供与性の金属をドーブする有機化合物層の有機化合物として、バソフェナントロリンやトリス（8-ヒドロキシキノリナート）アルミニウム錯体が例示されている。

【0007】しかし、バソフェナントロリンを用いる場合、バソフェナントロリンはガラス転移温度が低いので、バソフェナントロリンで形成される有機化合物層の表面に金属膜を蒸着して陰極を形成するにあたって、金属蒸着時の熱劣化等によって有機化合物層がダメージを受け、素子の寿命特性が低下するという問題があった。

【0008】またトリス（8-ヒドロキシキノリナート）アルミニウム錯体を用いる場合、トリス（8-ヒドロキシキノリナート）アルミニウム錯体のガラス転移温度は高いので上記のような問題はないが、トリス（8-ヒドロキシキノリナート）アルミニウム錯体は電子移動度が低いので、発光効率（ $\text{lm/W}$ ）などの初期特性が悪いという問題があった。

【0009】本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、寿命特性と初期特性のいずれにも優れた有機電界発光素子を提供することを目的とするものである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係る有機電界発光素子は、陽極1と陰極2の間に有機発光層3を設けて形成される有機電界発光素子において、陰極2と有機発光層3の間に、有機発光層3に近い側から、

電子移動度が  $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層 4、ガラス転移温度が  $80^\circ\text{C}$  以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層 5、の順に積層して設けて成ることを特徴とするものである。

【0011】また請求項 2 の発明は、請求項 1 において、電子移動度が  $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  以上である有機化合物の電子親和力が、ガラス転移温度が  $80^\circ\text{C}$  以上である有機化合物の電子親和力よりも小さいことを特徴とするものである。

【0012】また請求項 3 の発明は、請求項 1 又は 2 において、ガラス転移温度が  $80^\circ\text{C}$  以上である有機化合物が、トリス（8-ヒドロキシキノリナート）アルミニウム錯体、ビス（4-メチル-8-キノリナート）アルミニウム錯体、オキサジアゾール化合物、シロール化合物から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とするものである。

【0013】また請求項 4 の発明は、請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、電子移動度が  $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  以上である有機化合物が、バソフェナントロリン、バソクプロイン、シロール化合物から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とするものである。

【0014】また請求項 5 の発明は、請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、電子供与性の金属が、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類を含む遷移金属から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とするものである。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。

【0016】図 1 は本発明の実施の形態の一例を示すものであり、透明基板 10 の表面上に透明導電膜からなる陽極 1 を積層し、陽極 1 の表面上にホール輸送層 11 を介して有機発光層 3 を積層すると共に、さらに有機発光層 3 の表面上に二層の電子注入層 4、5 を介して陰極 2 が積層してある。これを基本構成として有機電界発光素子、すなわち有機エレクトロルミネッセンス素子（有機 EL 素子）を形成することができるものであり、陽極 1 に正電圧を、陰極 2 に負電圧を印加すると、電子注入層 4、5 を介して有機発光層 3 に注入された電子と、ホール輸送層 11 を介して有機発光層 3 に注入されたホールとが、有機発光層 3 内にて結合して発光が起こるものである。

【0017】上記の透明基板 10、有機発光層 3、ホール輸送層 11 については、従来から有機電界発光素子の作製に使用されている公知のものを適宜用いることができる。すなわち、透明基板 1 としては、ソーダライムガラスや無アルカリガラスなどの透明ガラス板や、透明プラスチック板などを用いることができる。

【0018】また素子にホールを注入するための電極で

ある陽極 1 としては、仕事関数の大きい金属、合金、電気伝導性化合物、あるいはこれらの混合物からなる電極材料を用いるのが好ましく、特に仕事関数が  $4 \text{ eV}$  以上の電極材料を用いるのが好ましい。このような電極材料としては、具体的には、金などの金属、 $\text{CuI}$ 、 $\text{ITO}$ （インジウムチンオキシド）、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$  等の導電性透明材料があげられる。例えばこれらの電極材料を透明基板 10 の上に真空蒸着法やスパッタリング法等の方法で成膜することによって、陽極 1 を薄膜として作製することができる。有機発光層 3 における発光を陽極 1 を透過させて透明基板 10 から外部に照射する場合には、陽極 1 の光透過率が  $10\%$  以上であることが好ましい。また、陽極 1 のシート抵抗は数百  $\Omega/\square$  以下であることが好ましく、特に  $100 \Omega/\square$  以下であることが好ましい。さらに陽極 1 の膜厚は、陽極 1 の光透過率、シート抵抗等の特性を上記のように制御するために、材料により異なるが、通常  $500 \text{ nm}$  以下に設定するのが好ましく、より好ましくは  $10 \sim 200 \text{ nm}$  の範囲である。

【0019】一方、有機発光層 3 中に電子を注入するための電極である陰極 2 は、仕事関数の小さい金属、合金、電気伝導性化合物及びこれらの混合物からなる電極材料を用いることが好ましく、仕事関数が  $5 \text{ eV}$  以下の電極材料を用いるのが好ましい。このような電極材料としては、ナトリウム、ナトリウム-カリウム合金、リチウム、マグネシウム、アルミニウム、マグネシウム-銀混合物、マグネシウム-インジウム混合物、アルミニウム-リチウム合金、 $\text{Al}/\text{Al}_2\text{O}_3$  混合物、 $\text{Al}/\text{LiF}$  混合物などを挙げることができる。この陰極 2 は、例えばこれらの電極材料を、真空蒸着法やスパッタリング法等の方法により、薄膜に形成することによって作製することができる。また、有機発光層 3 における発光を陰極 2 を透過させて外部に照射する場合には、陰極 2 は光透過率が  $10\%$  以上であることが好ましい。ここで、陰極 2 の膜厚は、陰極 2 の光透過率等の特性を上記のように制御するために、材料により異なるが、通常  $500 \text{ nm}$  以下に設定するのが好ましく、より好ましくは  $100 \sim 200 \text{ nm}$  の範囲である。

【0020】また本発明において有機発光層 3 に使用できる発光材料またはドーピング材料としては、アントラセン、ナフタレン、ピレン、テトラセン、コロネン、ペリレン、フタロペリレン、ナフタロペリレン、ジフェニルブタジエン、テトラフェニルブタジエン、クマリン、オキサジアゾール、ビスベンゾキサゾリン、ビススチリル、シクロペンタジエン、キノリン金属錯体、トリス（8-ヒドロキシキノリナート）アルミニウム錯体、トリス（4-メチル-8-キノリナート）アルミニウム錯体、トリス（5-フェニル-8-キノリナート）アルミニウム錯体、アミノキノリン金属錯体、ベンゾキノリン金属錯体、トリ-（p-ターフェニル-4-イル）アミ

ン、1-アリーール-2, 5-ジ(2-チエニル)ピロール誘導体、ピラン、キナクリドン、ルブレン、ジスチルベンゼン誘導体、ジスチルアリーレン誘導体、及び各種蛍光色素等があるが、これに限定されるものではない。またこれらの化合物のうちから選択される発光材料を90~99.5質量%、ドーピング材料0.5~10質量%含むようにすることも好ましい。この有機発光層3の厚みは0.5~500nmが好ましく、特に0.5~200nmが好ましい。

【0021】またホール輸送層11を構成するホール輸送材料としては、ホールを輸送する能力を有し、陽極1からのホール注入効果を有するとともに、有機発光層3または発光材料に対して優れたホール注入効果を有し、さらに電子のホール輸送層11への移動を防止し、かつ薄膜形成能力の優れた化合物を挙げることができる。具体的にはフタロシアニン誘導体、ナフタロシアニン誘導体、ポルフィリン誘導体、N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-(1, 1'-ビフェニル)-4, 4'-ジアミン(TPD)や4, 4'-ビス[N-(ナフチル)-N-フェニル-アミノ]ビフェニル( $\alpha$ -NPD)等の芳香族ジアミン化合物、オキサゾール、オキサジアゾール、トリアゾール、イミダゾール、イミダゾロン、スチルベン誘導体、ピラゾリン誘導体、テトラヒドロイミダゾール、ポリアリーールアルカン、ブタジエン、4, 4', 4''-トリス(N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ)トリフェニルアミン(m-MTDATA)、及びポリビニルカルバゾール、ポリシラン、ポリエチレンジオキシサイドチオフェン(PEDOT)等の導電性高分子などの高分子材料が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0022】そして本発明では、電子注入層4, 5を二層に積層して形成し、一方の電子注入層4はガラス転移温度が80℃以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層として、他方の電子注入層5は電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層として形成してある。またこの二層は、有機発光層3に接する側に、電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした電子注入層5が、陰極2に接する側に、ガラス転移温度が80℃以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした電子注入層4が配置されるように積層してある。

【0023】このように、陰極2に接する側の電子注入層4は、ガラス転移温度が80℃以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングしたものであり、電子注入層4はこのようにガラス転移温度が高くて耐熱性が高いので、この電子注入層4の上に陰極金属膜を蒸着して陰極2を形成するにあたって、陰極金属製膜時の熱ダメージの影響を小さくすることができ、寿命特性に優れた有機電界発光素子を作製することが可能になるもので

ある。このように電子注入層4を形成する有機化合物はガラス転移温度が80℃以上であることが必要であり、ガラス転移温度は高いほど好ましく特に上限は設定されないが、入手の可能性など実用上は200℃程度が上限である。

【0024】また有機発光層3に接する側の電子注入層5は、電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングしたものであり、電子注入層5はこのように電子移動度が高くで電子注入効率が高いので、この電子注入層5から有機発光層3に効率高く電子を注入することができ、高い初期特性を有する有機電界発光素子を作製することができるものである。このように電子注入層5を形成する有機化合物は電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上であることが必要であり、電子移動度は高いほど好ましく特に上限は設定されないが、入手の可能性など実用上は $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ が上限である。

【0025】さらに、電子の注入をよりスムーズに行なうために、電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物の電子親和力(LUMO: Lowest Unoccupied molecular orbital)が、ガラス転移温度が80℃以上である有機化合物の電子親和力(LUMO)よりも小さいことが好ましい。有機電界発光素子においては一般的に、陰極を形成する金属の仕事関数と電子注入層もしくは電子輸送層の電子親和力(LUMO)の差がエネルギー障壁として存在し、電子の注入効率を良くするにはこのエネルギー障壁を小さくすることが必要である。そして本発明のように機能分離した二層の電子注入層4, 5を設ける場合、図2に示すように、電子注入層5を形成する電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上である有機化合物の電子親和力(LUMO)を、電子注入層4を形成するガラス転移温度が80℃以上である有機化合物の電子親和力(LUMO)よりも小さくすることによって、電子の注入をよりスムーズに行なうことができるのである。

【0026】このように、電子供与性の金属をドーピングする有機化合物として特性の異なるものを使い分けて二層の電子注入層4, 5を形成することによって、寿命特性と初期特性のいずれにも優れた有機電界発光素子を作製することが可能になるものである。

【0027】ここで、上記のようなガラス転移温度が80℃以上である有機化合物としては、トリス(8-ヒドロキシキノリナート)アルミニウム錯体、ビス(4-メチル-8-キノリナート)アルミニウム錯体、オキサジアゾール化合物、ジスチルアリーレン誘導体、シロール化合物、TPBI(2, 2', 2''-(1, 3, 5-ベンゼントリル)トリス-[1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール])などを挙げることができ、これらの中から一種以上のものを選択して用いることができる。

【0028】また電子移動度が $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上

である有機化合物としては、パソフェナントロリン、バソクプロイン、シロール化合物、TPBI (2, 2', 2'' - (1, 3, 5-ベンゼントリル) トリス- [1-フェニル-1H-ベンツイミダゾール]) などを挙げる  
ことができ、これらの中から一種以上のものを選択して  
用いることができる。

【0029】そしてこれらの有機化合物に電子供与性の  
金属をドーパントして電子注入層4, 5を形成すること  
ができるものであり、この電子供与性の金属としては、  
仕事関数が4. 2 eV以下のアルカリ金属、アルカリ土  
類金属、希土類金属を含む遷移金属のいずれかから一種  
以上選択して使用することができる。具体的には、L  
i、Na、K、Cs、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、  
Y、La、Sm、Gd、Ybなどを挙げる  
ことができ、これらの中でも仕事関数の点から特にCs (セシウム)  
が好ましい。この電子供与性の金属を上記の有機化合物  
にドーパントする濃度は特に制限されるものではない  
が、0. 1~99質量%程度の範囲のドーパント濃度に  
設定するのが好ましい。また金属ドーピング層で形成さ  
れる電子注入層4, 5の膜厚は特に制限されるものでは  
ないが、1 nm~1000 nmの範囲が好ましい。電子  
注入層4, 5の膜厚の比率は、これらの膜厚が上記の範  
囲にあれば何ら制限されない。

#### 【0030】

【実施例】次に、本発明を実施例によって具体的に説明  
する。

【0031】(実施例1) 厚み0. 7 mmのガラス板か  
らなる透明基板10の上に、ITO (インジウムスズ  
酸化物) をスパッタしてシート抵抗7  $\Omega/\square$ の透明電極  
からなる陽極1を設けて形成される、ITOガラス (三  
容真空社製) を用い、まずこのITOガラスをアセト  
ン、純水、イソプロピルアルコールで15分間超音波洗  
浄し、乾燥させた後、さらにUVオゾン洗浄した。

【0032】次に、このITOガラスを真空蒸着装置に  
セットし、 $1 \times 10^{-6}$  Torr ( $1. 33 \times 10^{-1}$  Pa) の減圧下、4, 4'-ビス [N- (ナフチル) -N-  
フェニル-アミノ] ビフェニル (株) 同仁化学研究  
所製: 以下 $\alpha$ -NPDと略す) を、1~2  $\text{\AA}/s$  の蒸着  
速度で400  $\text{\AA}$  厚に蒸着し、陽極1の上にホール輸送層  
11を形成した。

【0033】次に、ホール輸送層11の上に、 $\alpha$ -NPDにルブレ  
ン (アクロス社製) を1質量%ドーブした黄色発光層を100  $\text{\AA}$  の厚みで、ジスチリルビフェニル誘  
導体 (出光興産社製「DPVB i」) に末端にカルバゾ  
リル基を有するDSA誘導体 (出光興産社製「BCzV  
Bi」) を12質量%ドーブした青色発光層を500  $\text{\AA}$   
の厚みでそれぞれ積層し、有機発光層3を形成した。

【0034】次に、有機発光層3の上に、バソクプロイ  
ン (株) 同仁化学研究所製、 $T_g < 80^\circ\text{C}$ 、電子移動  
度  $10^{-1} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、電子親和力2. 4 eV) とCs 50

をモル比1:1で共蒸着して膜厚100  $\text{\AA}$  の電子注入層  
5を形成し、続いてトリス (8-ヒドロキシキノリナ  
ート) アルミニウム錯体 (以下Alq3と略す) (株)  
同仁化学研究所製、 $T_g > 80^\circ\text{C}$ 、電子移動度  $10^{-1} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、電子親和力2. 8 eV) とCsをモル比  
1:1で共蒸着して膜厚100  $\text{\AA}$  の電子注入層4を形成  
した。

【0035】最後に、電子注入層4の上にAlを10  $\text{\AA}$   
/sの蒸着速度で厚み1500  $\text{\AA}$  蒸着することによっ  
て、陰極2を形成した。

【0036】そして、上記の各層を積層したITOガラ  
スを露点 $-76^\circ\text{C}$ 以下のドライ窒素雰囲気グローブボ  
ックスに大気に曝露することなく搬送した。一方、通気  
性を有する袋に吸水剤として酸化バリウムの粉末を入  
れ、これをガラス製の封止板に粘着剤で貼り付けてお  
き、また封止板の外周部には予め紫外線硬化樹脂製のシ  
ール剤を塗布しておき、グローブボックス内においてI  
TOガラスの透明基板10に封止板をシール剤で貼り合  
わせ、UVでシール剤を硬化させることによって、有機  
電界発光素子を作製した。

【0037】(実施例2) 有機発光層3の上に、パソフ  
ェナントロリン (株) 同仁化学研究所製、 $T_g < 80^\circ\text{C}$ 、電子移動度  $10^{-1} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、電子親和力2. 4  
eV) とCsをモル比1:1で共蒸着して膜厚100  $\text{\AA}$   
の電子注入層5を形成し、続いてAlq3とCsをモル  
比1:1で共蒸着して膜厚100  $\text{\AA}$  の電子注入層4を形  
成するようにした他は、実施例1と同様にして有機電  
界発光素子を作製した。

【0038】(実施例3) 有機発光層3の上に、バソク  
プロインとCsをモル比1:1で共蒸着して膜厚100  
 $\text{\AA}$  の電子注入層5を形成し、続いてビス (4-メチル  
8-キノリナート) アルミニウム錯体 (ケミプロ化成  
(株) 製、 $T_g > 80^\circ\text{C}$ 、電子移動度  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、電子親和力2. 7 eV) とCsをモル比1:1で共  
蒸着して膜厚100  $\text{\AA}$  の電子注入層4を形成するよう  
にした他は、実施例1と同様にして有機電界発光素子  
を作製した。

【0039】(比較例1) 有機発光層の上に、バソク  
プロインとCsをモル比1:1で共蒸着して膜厚100  $\text{\AA}$   
の一層構成の電子注入層を形成するようにした他は、実  
施例1と同様にして有機電界発光素子を作製した。

【0040】(比較例2) 有機発光層の上に、Alq3  
とCsをモル比1:1で共蒸着して膜厚100  $\text{\AA}$  の一層  
構成の電子注入層を形成するようにした他は、実施例1  
と同様にして有機電界発光素子を作製した。

【0041】(比較例3) 有機発光層の上に、バソク  
プロインとCsをモル比1:1で共蒸着して膜厚100  $\text{\AA}$   
の電子注入層を形成し、続いてパソフェナントロリンと  
Csをモル比1:1で共蒸着して膜厚100  $\text{\AA}$  の電子注  
入層を形成するようにした他は、実施例1と同様にして

有機電界発光素子を作製した。

【0042】（比較例4）有機発光層の上に、ビス（4-メチル-8-キノリナート）アルミニウム錯体とCsをモル比1：1で共蒸着して膜厚100Åの電子注入層を形成し、続いてAlq3とCsをモル比1：1で共蒸着して膜厚100Åの電子注入層を形成するようにした他は、実施例1と同様にして有機電界発光素子を作製した。

【0043】（比較例5）有機発光層の上に、Alq3とCsをモル比1：1で共蒸着して膜厚100Åの電子注入層を形成し、続いてバソクプロインとCsをモル比1：1で共蒸着して膜厚100Åの電子注入層を形成するようにした他は、実施例1と同様にして有機電界発光素子を作製した。

【0044】上記の実施例1～3及び比較例1～5で作製した有機電界発光素子を、電源（KEYTHLEY 236モデル）に接続し、6Vを印加時の輝度を輝度計（ミノルタ社製「LS-110」）で測定した。また有機電界発光素子を初期輝度500cd/m<sup>2</sup>の定電流で連続駆動させて寿命試験を行ない、輝度が半減する半減寿命を測定した。これらの結果を表1に示す。

【0045】

【表1】

	6V時輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	輝度半減寿命 (時間)
実施例1	12000	1200
実施例2	11500	1100
実施例3	11500	1250
比較例1	11500	500
比較例2	5200	1100
比較例3	12000	520
比較例4	5000	1150
比較例5	9000	500

【0046】表1にみられるように、各実施例の6V時輝度は高く、初期特性が優れていると共に、各実施例の輝度半減寿命は長く、寿命特性が優れていることが確認される。

【0047】

【発明の効果】上記のように請求項1に係る発明は、陽極と陰極の間に有機発光層を設けて形成される有機電界発光素子において、陰極と有機発光層の間に、有機発光層に近い側から、電子移動度が10<sup>-5</sup>cm<sup>2</sup>/Vs以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層、ガラス転移温度が80℃以上である有機化合物に電子供与性の金属をドーピングした層、の順に積層して設けるようにしたので、ガラス転移温度が80℃以上であ

る有機化合物からなる層は耐熱性が高く、この層の上に設けられる陰極を形成する際の熱ダメージの影響を小さくすることができ、寿命特性に優れた有機電界発光素子を得ることができると共に、電子移動度が10<sup>-5</sup>cm<sup>2</sup>/Vs以上である有機化合物からなる層は電子注入効率が高く、有機発光層にこの層から高い効率で電子を注入することができ、高い初期特性を有する有機電界発光素子を得ることができるものである。

【0048】また請求項2の発明は、電子移動度が10<sup>-5</sup>cm<sup>2</sup>/Vs以上である有機化合物の電子親和力が、ガラス転移温度が80℃以上である有機化合物の電子親和力よりも小さいので、エネルギー障壁を小さくして電子注入層から有機発光層への電子の注入をよりスムーズに行なうことができるものである。

【0049】また請求項3の発明は、ガラス転移温度が80℃以上である有機化合物が、トリス（8-ヒドロキシキノリナート）アルミニウム錯体、ビス（4-メチル-8-キノリナート）アルミニウム錯体、オキサジアゾール化合物、シロール化合物から選ばれる少なくとも一種であるので、耐熱性の高い層を形成して、寿命特性に優れた有機電界発光素子を得ることができるものである。

【0050】また請求項4の発明は、電子移動度が10<sup>-5</sup>cm<sup>2</sup>/Vs以上である有機化合物が、バソフェナントロリン、バソクプロイン、シロール化合物から選ばれる少なくとも一種であるので、電子注入効率が低い層を形成して、高い初期特性を有する有機電界発光素子を得ることができるものである。

【0051】また請求項5の発明は、請求項1乃至4のいずれかにおいて、電子供与性の金属が、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類を含む遷移金属から選ばれる少なくとも一種であるので、電子注入効率を高く得ることができるものである。

【図面の簡単な説明】

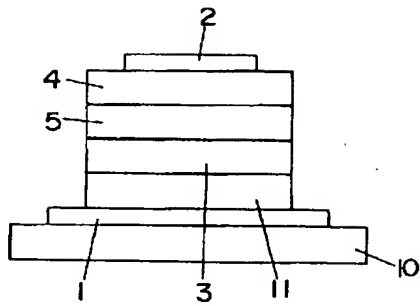
【図1】本発明の実施の形態の一例を示す概略断面図である。

【図2】陰極の仕事関数と電子注入層の電子親和力の関係を示す概略図である。

【符号の説明】

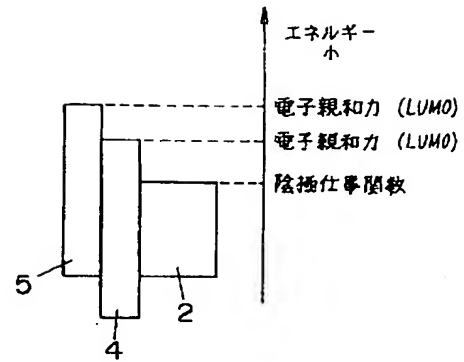
- 1 陽極
- 2 陰極
- 3 有機発光層
- 4 電子注入層
- 5 電子注入層

【図1】



- 1 陽極
- 2 陰極
- 3 有機発光層
- 4 電子注入層
- 5 電子注入層

【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 城戸 淳二  
 奈良県北葛城郡広陵町馬見北9-4-3  
 (72)発明者 近藤 行廣  
 大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
 式会社内

(72)発明者 岸上 泰久  
 大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
 式会社内  
 Fターム(参考) 3K007 AB02 AB04 AB06 AB11 BB05  
 CA01 CB01 DA01 DB03 EB00